

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **09312292 A**(43) Date of publication of application: **02.12.97**

(51) Int. Cl.

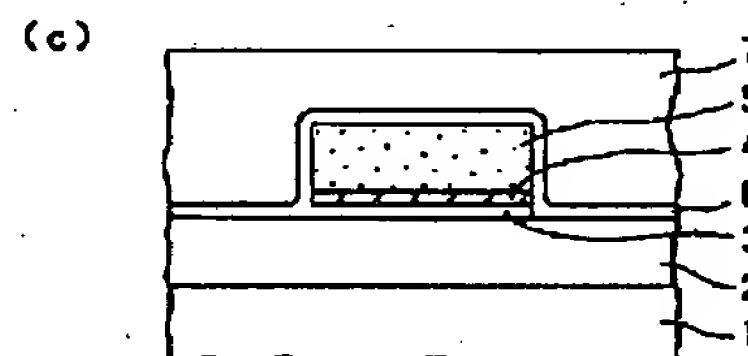
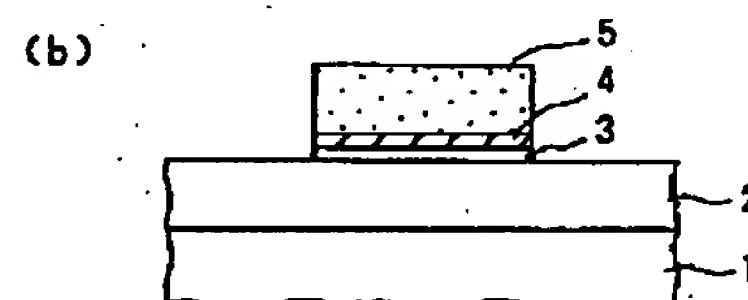
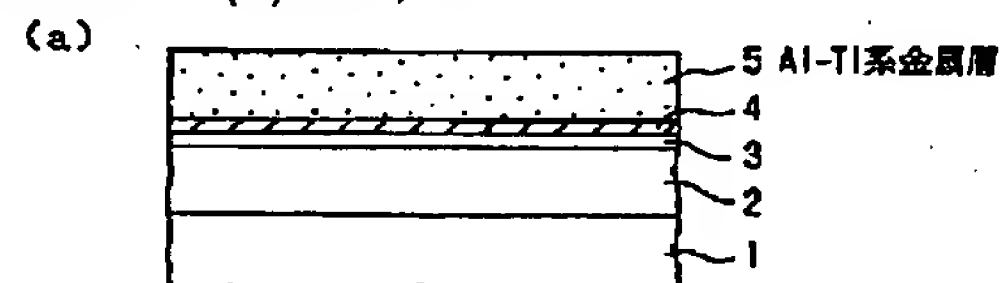
**H01L 21/3205**(21) Application number: **08128627**(22) Date of filing: **23.05.96**(71) Applicant: **SONY CORP**(72) Inventor: **HOSHINO KAZUHIRO  
TAKAHASHI KANJI**(54) **AL-TI BASED METAL WIRING AND  
SEMICONDUCTOR DEVICE USING THE SAME**

## (57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain an Al based metal wiring having low resistance and excellent electromigration resistance, and high reliability semiconductor using the wiring, by using Al-Ti based metal as the main conductor material layer.

**SOLUTION:** On a semiconductor substrate 1 of silicon or the like, an interlayer insulating film 2 is formed, on which a Ti metal layer 3, a TiN barrier metal layer 4 and an Al-Ti based metal layer 5 are formed in order under a magnetron sputtering condition. By a normal method, the Al-Ti based metal layer 5, the TiN barrier metal layer 4 and the Ti metal layer 3 are patterned in order. By heat-treating in a reducing atmosphere, Al crystal grains in the Al-Ti based metal layer 5 are enlarged, precipitation of Ti on Al grain boundaries is generated, and Al-Ti based metal wiring is completed. Thereby a metal wiring having low resistance and excellent electromigration resistance can be obtained. By using the metal wiring, semiconductor excellent in reliability and high speed quality can be obtained.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-312292

(43)公開日 平成9年(1997)12月2日

(51)Int.Cl.<sup>9</sup>

H 0 1 L 21/3205

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 1 L 21/88

技術表示箇所

N

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 5 頁)

(21)出願番号

特願平8-128627

(22)出願日

平成8年(1996)5月23日

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 星野 和弘

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ  
ー株式会社内

(72)発明者 高橋 寛司

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ  
ー株式会社内

(54)【発明の名称】 A l - T l 系金属配線およびこれを用いた半導体装置

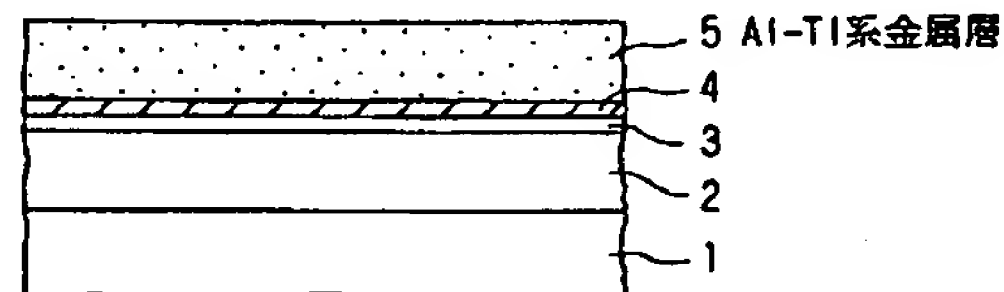
(57)【要約】

【課題】 低抵抗かつエレクトロマイグレーション耐性に優れたA l 系金属配線、およびこれを用いた高信頼性の半導体装置を提供する。

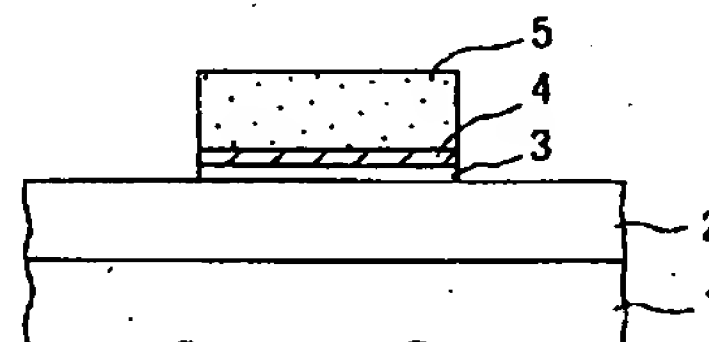
【解決手段】 主導電材料層として、A l - T l (タリウム)系金属層5を採用する。

【効果】 A l - T l 2 元系金属は合金化反応を起こさない。したがって、シンタリングにより純A l の結晶が大粒径し、この大粒径A l の結晶粒界にT l が選択的に析出した構造が得られる。したがって、低抵抗とエレクトロマイグレーション耐性を両立したA l 系金属配線およびこれを用いた半導体装置を製造することが可能である。

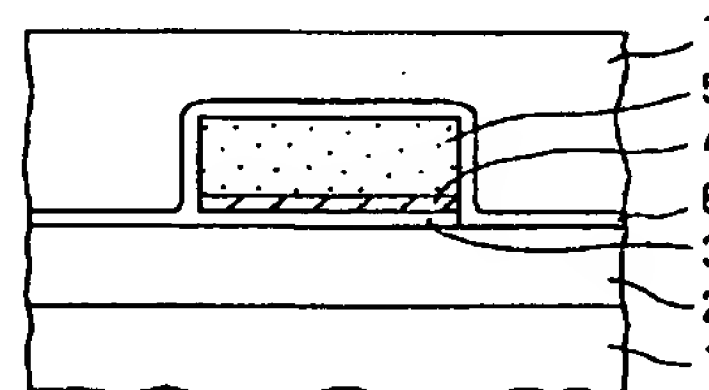
(a)



(b)



(c)



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 主導電材料層として、Al-Ti系金属を用いたことを特徴とするAl-Ti系金属配線。

【請求項2】 主導電材料層の下層に、バリア金属層を有することを特徴とする請求項1記載のAl-Ti系金属配線。

【請求項3】 主導電材料層の上層に、反射防止層を有することを特徴とする請求項1記載のAl-Ti系金属配線。

【請求項4】 請求項1ないし3記載のAl-Ti系金属配線を配線として用いたことを特徴とする半導体装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はエレクトロマイグレーション耐性に優れた低抵抗のAl（アルミニウム）-Ti（タリウム）系金属配線、およびこれを配線に用いた高信頼性の半導体装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 LSI等の半導体装置の高集積度化、高性能化が進展するに伴い、そのデザインルールはハーフミクロンからサブクォータミクロンへと縮小しつつある。かかる高集積度の半導体装置においては、微細幅の内部配線やコンタクト電極材料に用いる導電材料層にも、従来に増して高い信頼性が要求される。

【0003】 従来より汎用されているAl系導電材料においても、エレクトロマイグレーション耐性を向上する目的のため、CuやTiを少量、例えば数重量%以下添加したAl-Cu系合金やAl-Ti系合金が採用されている。例えばAl-Cu系合金においては、AlとCuの反応物 $Al_2Cu$ がAlの結晶粒界に析出し、この析出物によりAlの粒界拡散が抑制されるため、エレクトロマイグレーション耐性が向上する。Al-Ti系合金においても、反応物 $Al_3Ti$ の析出により、Alの粒界拡散を防止し、エレクトロマイグレーション耐性が改善されるとされている。

【0004】 これら粒界析出型のAl系合金においては、元々の合金組成により、あるいは電極・配線形成後の熱履歴（シンタリングや絶縁膜のCVD温度条件、あるいはその後の冷却速度条件）によっても、Alマトリクス中に固溶している添加金属濃度が変動する。Alマトリクス中に添加金属が過飽和に固溶していると、格子散乱により電子流が散乱され、配線抵抗が上昇する。反対に、添加金属が少ないと不純物析出による粒界拡散防止効果が期待できず、エレクトロマイグレーション耐性が低下する。

【0005】 このように粒界析出型のAl系合金の場合には、添加金属量と、その後の熱履歴の制御条件、いわゆるプロセスウィンドウ幅が狭いという問題点をかかえている。またプロセス条件を最適化しても、固溶限度以

下の添加金属はAlマトリクス中に存在するので、Alマトリクス自体の抵抗上昇は避けられない。例えば、一般的なAl-0.5%Cu合金の比抵抗は、純Alに比較して実に30%上昇する。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】 このような背景から、本発明の課題は、可能な限り比抵抗が小さくかつエレクトロマイグレーション耐性に優れたAl系金属配線、およびこれを用いた高信頼性の半導体装置を提供することである。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】 本発明のAl系金属配線は、上述した課題を達成するために提案するものであり、主導電材料層として、Al-Ti系金属を用いたことを特徴とする。本発明の好ましい一態様としては、Al-Ti系金属からなる主導電材料層の下層に、バリア金属層を有する積層配線構造であってもよい。また本発明の別の好ましい一態様としては、Al-Ti系金属からなる主導電材料層の上層に、反射防止層を有していてもよい。

【0008】 本発明の半導体装置は、かかるAl-Ti系金属配線を配線として用いたことを特徴とするものである。本明細書における配線とは、半導体素子間等を電氣的に接続する内部配線、および半導体基板の不純物拡散層と内部配線間を接続するコンタクトプラグ、異なるレベル間の内部配線を接続するヴァイアプラグ等の電極等を総称するものである。

【0009】 つぎに作用の説明に移る。Tiは常温ではHCP（六方最密充填）構造、230℃以上ではBCC（体心立方格子）構造をとり、融点303.5℃、沸点1457±10℃の金属である。図3に示すAl-Ta2元系の状態図（Max Hansen & Kurt Anderko, "Constitution of Binary Alloys", Genium Publishing Corporation）から明らかなように、AlとTaとはいかなる組成範囲においても合金相を形成しないことが判る。この性質を利用し、純Alの結晶粒界にTaを選択的に析出させることが可能である。

【0010】 すなわち、例えばスパッタリング法等でAl-Ti系金属膜を形成し、配線形状にパターニングした後あるいは前に400℃程度の熱処理を施せば、添加されたTiはAlとは合金化反応を起こさないので、純Alの結晶粒界に析出する。一方、マトリクス相のAlは合金相を形成しないので、純Alのままで結晶グレインの成長が促進され、大粒径化が可能となる。

【0011】 このようにして、大粒径の純Alの結晶粒界にTiが選択的に析出した構造のAl系金属配線が得られる。したがって、大粒径化による粒界の減少によるAl空隙（Al-Vacancy）の移動経路の減少、ならびにTiによるAlの粒界拡散の抑制の両方の効果により、エレクトロマイグレーション耐性が向上する。

電気抵抗の面からは、Al-Ti系金属は合金化しないので、Al-Cu合金やAl-Ti合金の場合に発生する電子の格子散乱や粒界散乱は原理的に少なく、低抵抗の配線を提供することができる。

#### 【0012】

【実施例】以下本発明の好ましい実施例につき、図面を参照しつつ説明する。

#### 【0013】実施例1

本実施例はマグネトロンスパッタリング法によりAl-Ti系金属膜を形成し、このAl-Ti系金属膜の下層に接してバリアメタル層を形成したAl-Ti系金属配線およびこれを用いた半導体装置につき、図1を参照して説明する。

【0014】本実施例のAl-Ti系金属配線を形成するため、まず図1(a)に示すように、例えばシリコン等の半導体基板1上にSiO<sub>2</sub>等からなる層間絶縁膜2を形成し、ここにTi金属層3、TiNバリアメタル層4、およびAl-Ti系金属層5を、下記マグネトロンスパッタリング条件により順次形成した。各層の厚さは、例えばTi金属層3が50nm、TiNバリアメタル層4が20nm、そしてAl-Ti系金属層5を500nmとした。なお層間絶縁膜2に不図示の接続孔が開口され、半導体基板1のこれも不図示の不純物拡散層とAl-Ti系金属配線とのオーミックコンタクトを形成する半導体装置構造であってもよい。また層間絶縁膜2は多結晶シリコン等の下層配線上に形成された構造であってもよい。

#### Ti金属層3スパッタリング条件

ターゲット		Ti金属
Ar	90	sccm
圧力	0.6	Pa
DCパワー	4	kW
被処理基板温度	200	℃

#### TiNバリアメタル層4スパッタリング条件

ターゲット		Ti金属
Ar	30	sccm
N <sub>2</sub>	90	sccm
圧力	0.65	Pa
DCパワー	8	kW
被処理基板温度	200	℃

#### Al-Ti系金属層5スパッタリング条件

ターゲット		Al-2%Ti
Ar	90	sccm
圧力	0.6	Pa
DCパワー	10	kW
被処理基板温度	200	℃

【0015】次に常法のリソグラフィによりレジストマスク（図示せず）をAl-Ti系金属層5上に形成し、これをエッチングマスクとしてAl-Ti系金属層5、TiNバリアメタル層4およびTi金属層3を順次パ

ーニングして図1(b)の状態とした。このパターニングは、例えばBCl<sub>3</sub>/Cl<sub>2</sub>混合ガスを用いたRIEにより連続的に施すことが可能である。

【0016】この後、例えばフォーミングガスによる還元性雰囲気中で400℃30分の熱処理を施す。この熱処理により、パターニングされたAl-Ti系金属層5中のAl結晶粒の大粒径化と、TiのAl粒界への析出が生じ、Al-Ti系金属配線が完成する。次に図1

(c)に示すように、例えばプラズマCVDによりSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>からなる下層層間絶縁膜6、およびSiO<sub>2</sub>等からなる上層層間絶縁膜7を形成する。あるいはAl-Ti系金属配線が最上層の配線層の場合には、最終パシベーション膜を形成する。

【0017】本実施例によれば、比抵抗が小さくエレクトロマイグレーション耐性に優れる効果に加え、下地のシリコン等の半導体基板とのオーミックコンタクト性やバリア性に優れたAl-Ti系金属配線を得ることができる。またAl-Ti系金属配線はSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>層やTiN層に包囲されているので、耐酸化性や耐腐食性に優れた配線構造を有する半導体装置が形成できる。

#### 【0018】実施例2

本実施例は電子ビーム蒸着法によりAl-Ti系金属膜を形成し、このAl-Ti系金属膜の下層に接してバリアメタル層を、さらにAl-Ti系金属膜の上層に接して反射防止層をそれぞれ形成したAl-Ti系金属配線およびこれを用いた半導体装置につき、図2を参照して説明する。なおAl-Ti系金属膜以外は通常のマグネトロンスパッタリング法により形成した。

【0019】本実施例のAl-Ti系金属配線を形成するため、まず図2(a)に示すように、例えばシリコン等の半導体基板1上にSiO<sub>2</sub>等からなる層間絶縁膜2を形成し、ここにTi金属層3、Ta<sub>2</sub>N<sub>5</sub>バリアメタル層8、Al-Ti系金属層5およびTiN反射防止層9を、下記スパッタリング条件により順次形成した。各層の厚さは、例えばTi金属層3が50nm、Ta<sub>2</sub>N<sub>5</sub>バリアメタル層8が20nm、Al-Ti系金属層5が500nm、そしてTiN反射防止層9を70nmとした。なお層間絶縁膜2に不図示の接続孔が開口され、半導体基板1のこれも不図示の不純物拡散層とAl-Ti系金属配線とのオーミックコンタクトを形成する半導体装置構造であってもよい。また層間絶縁膜2は多結晶シリコンや高融点金属ポリサイド等の下層配線上に形成された構造であってもよい。

#### Ti金属層3スパッタリング条件

ターゲット		Ti金属
Ar	90	sccm
圧力	0.6	Pa
DCパワー	4	kW
被処理基板温度	200	℃

#### Ta<sub>2</sub>N<sub>5</sub>バリアメタル層4スパッタリング条件

5

ターゲット	Ta (タンタル) 金属
Ar	30 sccm
N <sub>2</sub>	90 sccm
圧力	0.65 Pa
DCパワー	8 kW
被処理基板温度	200 °C

A1-T1系金属層5電子ビーム蒸着条件

蒸着源	AlおよびTi
圧力	$1.3 \times 10^{-4}$ Pa
被処理基板温度	200 °C

TiN反射防止層9スパッタリング条件

ターゲット	Ti 金属
Ar	30 sccm
N <sub>2</sub>	90 sccm
圧力	0.65 Pa
DCパワー	8 kW
被処理基板温度	200 °C

【0020】A1-T1系金属層5の電子ビーム蒸着は、2つのTiB<sub>2</sub>系セラミックス等からなるルツボ中にそれぞれAlおよびTiを収容し、個別に電子ビームを照射する2元蒸着法によった。個々の電子ビームパワーは、A1-T1系金属層5の組成がA1-2%T1となるように制御した。本実施例の成膜方法によれば、電子ビームパワーをin-situで制御することにより、A1-T1系金属層の組成を傾斜組成とすることも可能である。

【0021】次に常法のリソグラフィによりレジストマスク（図示せず）をTiN反射防止層9上に形成し、これをエッチングマスクとしてTiN反射防止層9、A1-T1系金属層5、Ta<sub>2</sub>N<sub>5</sub>バリアメタル層8およびTi金属層3を順次パターニングして図2（b）の状態とした。このパターニングも、例えばBCl<sub>3</sub>/Cl<sub>2</sub>混合ガスを用いたRIEやECRプラズマエッチングにより連続的に施すことが可能である。

【0022】この後、例えばフォーミングガスによる還元性雰囲気中で400°C30分の熱処理を施す。この熱処理により、パターニングされたA1-T1系金属層5中のAl結晶粒の大粒径化と、TiのAl粒界への析出が生じ、A1-T1系金属配線が完成する。次に図2

（c）に示すように、プラズマCVD等によりSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>からなる下層層間絶縁膜6およびSiO<sub>2</sub>等からなる上層層間絶縁膜7を形成する。あるいはA1-T1系金属配線が最上層の配線層の場合には、最終パシベーション膜を形成する。

【0023】本実施例によれば、実施例1の効果に加え、TiN反射防止層9の効果によりリソグラフィ時のA1-T1系金属層5からの露光光の反射が防止され、

6

特に段差下地上の配線も制御性よくパターニングすることが可能である。

【0024】以上、本発明のA1-T1系金属配線およびこれを用いた半導体装置につき、2例の実施例により説明したが、本発明はこれら実施例に何ら限定されるものではない。

【0025】例えばA1-T1系金属配線の組成として、A1-2%T1を例示したが、Ti含有量は例えば0.5重量%から10重量%程度の範囲で低抵抗およびエレクトロマイグレーション耐性の効果を得ることができる。配線の厚さ方向に組成変化を持たせた傾斜材料としてもよい。またA1-T1系金属中に、例えばSi等の第3元素を添加することも任意である。A1-T1系金属層の形成方法としてDCマグネトロンスパッタリングと電子ビーム蒸着を例示したが、高周波スパッタリング、イオンビームスパッタリング、あるいはクラスターイオンビーム蒸着等の各種堆積方法が適用可能である。またバリアメタル層としてTi/TiNやTi/Ta<sub>2</sub>N<sub>5</sub>の積層膜を例示したが、Ti、Zr、W、Mo、TaあるいはHf等各種高融点金属およびその窒化物、炭化物、酸窒化物や硼化物等を任意に用いてよい。反射防止層の材料や層構成も適宜変更可能である。

【0026】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明のA1-T1系金属配線およびこれを用いた半導体装置によれば、Al結晶の大粒径化による粒界密度の減少、およびTiの粒界析出による粒界拡散抑制効果により、エレクトロマイグレーション耐性が向上する。またA1-T12元系は合金化しないので、格子散乱や粒界散乱等による電子の散乱効果が少なく、比抵抗の小さい配線が得られる。これにより、半導体装置の高速動作化が可能となる。これらの効果により、例えば次世代の0.25μmのデザインルール対応の微細配線を有する半導体装置に本発明を適用することにより、信頼性と高速性に優れた半導体装置を製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例1のA1-T1系金属配線およびその形成方法を示す概略断面図である。

【図2】実施例2のA1-T1系金属配線およびその形成方法を示す概略断面図である。

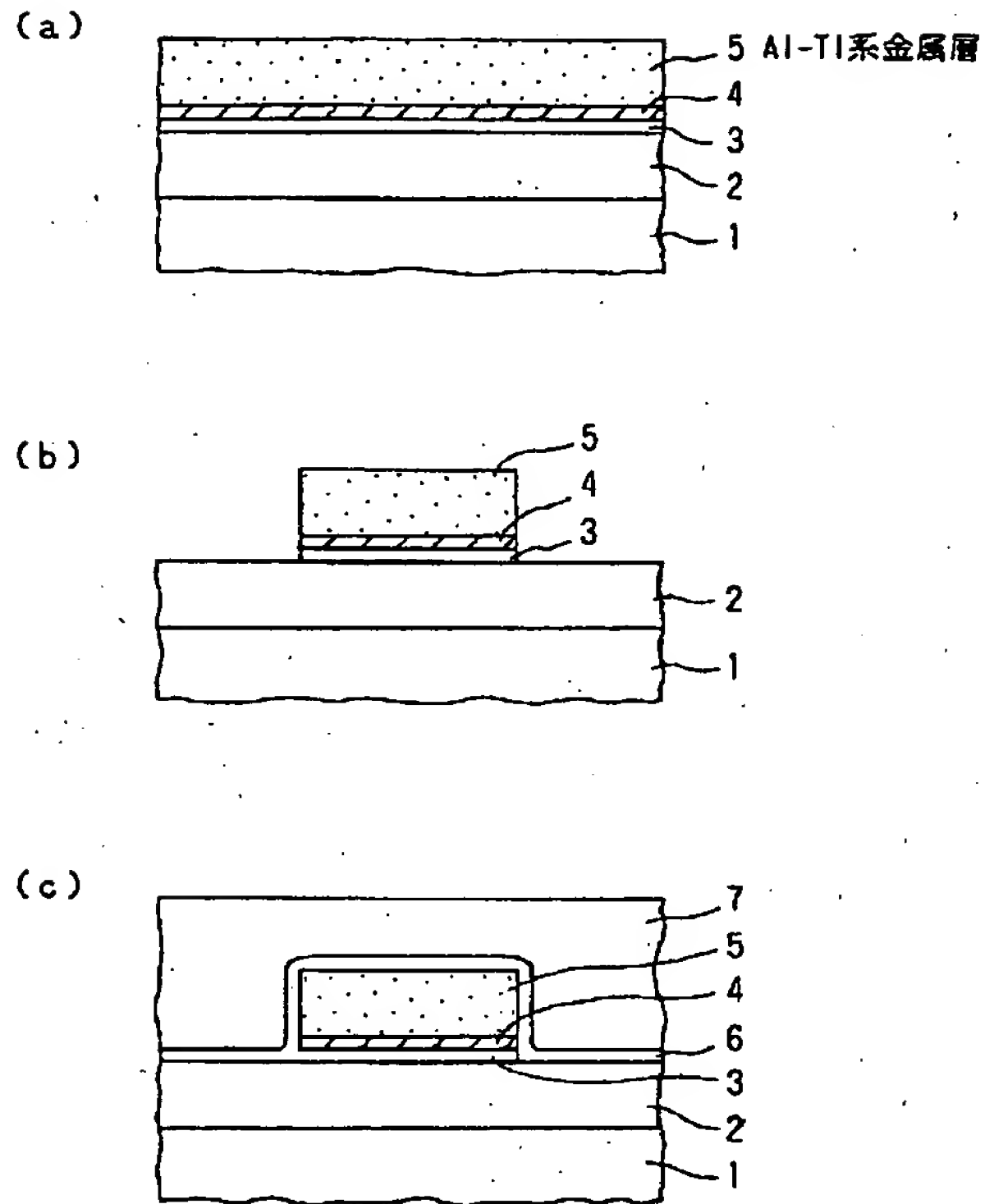
【図3】A1-T12元系金属の状態図である。

【符号の説明】

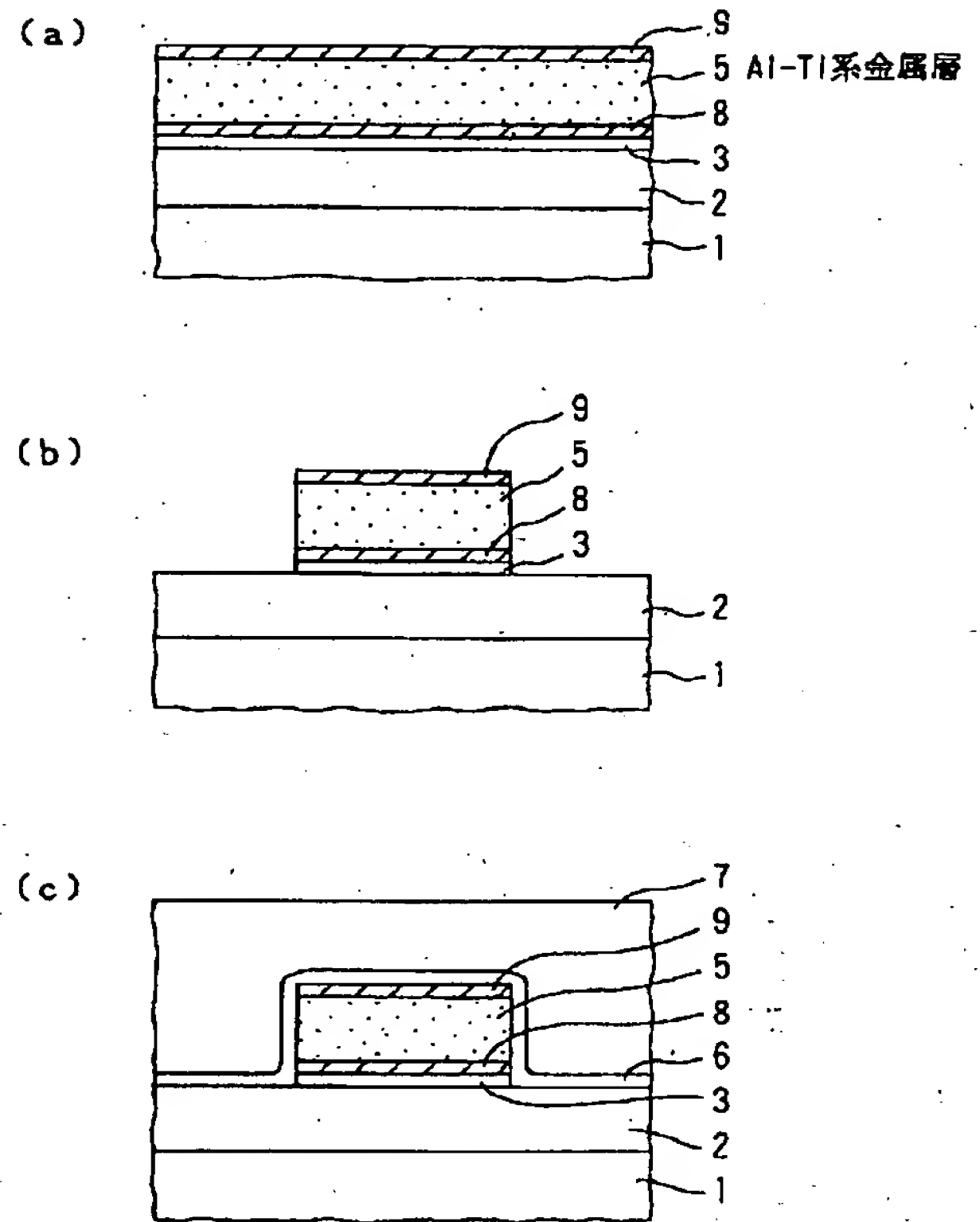
1…半導体基板、2…層間絶縁膜、3…Ti金属層、4…TiNバリアメタル層、5…A1-T1系金属層、6…下層層間絶縁膜、7…上層層間絶縁膜、8…Ta<sub>2</sub>N<sub>5</sub>バリアメタル層、9…TiN反射防止層



【図1】



【図2】



【図3】

